

ЗБОРНИК РАДОВА



XXXI Симпозијум Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе



**06-08. октобар 2021.
Београд, Србија**

**ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**



ЗБОРНИК РАДОВА

**XXXI СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
Београд
06-08. октобар 2021.**

**Београд
2021.**

**RADIATION PROTECTION SOCIETY OF
SERBIA AND MONTENEGRO**



PROCEEDINGS

**XXXI SYMPOSIUM RPSSM
Belgrade
6th - 8th October 2021**

**Belgrade
2021**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXXI СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ

06-08.10.2021.

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“

Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Проф. Др Снежана Пајовић

Уредници:

Др Ивана Вуканац

Др Милица Рајачић

e-ISBN 78-86-7306-161-0

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Милица Рајачић, Милош Ђалетић, Наташа Сарап

Електронско издање:

Институт за нуклеарне науке „Винча“, Мике Петровића Аласа 12-14, 11351
Винча, Београд, Србија

Година издања:

Октобар 2021.



Овај Зборник као и сви радови у њему подлежу лиценци:

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ова лиценца дозвољава само преузимање и дистрибуцију дела, ако/док се правилно назначавача име аутора, без икаквих промена дела и без права комерцијалног коришћења дела.

RADIOAKTIVNOST OKOLINE U PROCESU ISKOPAVANJA BUNARA - SELO POGANOV

Dragana TODOROVIĆ, Milica RAJAČIĆ, Jelena KRNETA NIKOLIĆ, Marija JANKOVIĆ, Ivana VUKANAC, Gordana PANTELIC i Nataša SARAP
Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča", Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, Beograd, Srbija, beba@vinca.rs, milica100@vinca.rs, jnikolic@vinca.rs, marijam@vinca.rs, vukanac@vinca.rs, pantelic@vinca.rs, natasas@vinca.rs

SADRŽAJ

Rezultati merenja radioaktivnosti zemljišta, mulja i vode u procesu iskopavanja bunara do maksimalne dubine od 13,5 m u selu Poganovu, u opštini Dimitrovgrad, prikazani su u ovom radu. Uzorci mulja i zemljišta, analizirani su spektrometrijom gama emitera i određivanjem sadržaja ^{90}Sr . U slučaju uzorka vode, određena je ukupna alfa i ukupna beta aktivnost, i koncentracija radionuklida gama emitera.

Pored navedenih uzoraka, sa iste lokacije su mereni i uzorci mahovine i lišajeva. Osim u uzorku mahovine i zemljišta sa dubine 0-10 cm u kojima je detektovano prisustvo ^{137}Cs u veoma niskim koncentracijama za ovu vrstu uzoraka, ni u jednom uzorku nije detektovano prisustvo proizvedenih radionuklida, ^{137}Cs i ^{90}Sr . U slučaju prirodnih radionuklida, dobijene vrednosti koncentracija, karakteristične su za ovakve vrste uzoraka i ne razlikuju se u odnosu na druge lokacije na našim prostorima. Svi rezultati merenja ukazuju na to da se ova lokacija može koristiti kao nulta tačka monitoringa radioaktivnosti na našim prostorima.

1. Uvod

Selo Poganovo nalazi se u opštini Dimitrovgrad i udaljeno je podjednako 27 km od Pirota, kao i od Dimitrovgrada, koji pripada Pirotskom upravnom okrugu. Prema popisu iz 2011. godine u selu je živio 31 stanovnik [1]. Ovaj deo Srbije je industrijski nerazvijen. Opština Dimitrovgrad, izgradnjom industrijske zone, pokušava zadnjih godina da privuče strane investitore, dok je u opštini Pirot razvijena gumarska i tekstilna industrija.

U samom selu, nije razvijena poljoprivreda. Starosna struktura stanovnika sela, je takva, da u njemu žive uglavnom penzioneri i mali broj radno sposobnog stanovništva, koji se uglavnom bave etno turizmom, odnosno postoje tri etno konaka. Za svoje potrebe, stanovnici sela, imaju bašte i manje plastenike, kao i voćnjake. U selu nema veće poljoprivredne proizvodnje koja koristi savremene agrotehničke mere i koja bi mogla da utiče na povećanje prirodne radioaktivnosti okoline. Takođe, ni stočarstvo nije zastupljeno, odnosno domaćinstva uglavnom gaje životinje za svoje potrebe, a ne u komercijalne svrhe.

U okolini sela nalazi se kanjon reke Jerme, koja je najveća i vodom najbogatija leva pritoka Nišave, ali u samom selu nema vodovodne mreže, tako da je snabdevanje vodom iz bunara. Inače, reka Jerma pripada specijalnom rezervatu prirode Jerma i sve do 1927. godine, kanjon ove reke je bio neprohodan, tako da okolina sela Poganovo, nije bila izložena ljudskim aktivnostima.

Ovaj kraj je takođe poznat i po manastiru Poganovo koji je podignut 1395 i koji se od 1979. godine nalazi na listi svetske kulturne baštine.

Ako pogledamo samo selo Poganovo i njegovo okruženje, slobodno možemo reći da imamo „nacionalni park u malom“, odnosno jednu oazu netaknute prirode.

U literaturi se ne mogu naći podaci o radioaktivnosti ovog kraja, tako da se može smatrati da su ovo prva ispitivanja radioaktivnosti životne sredine date lokacije. Izabrano je jedno porodično domaćinstvo, čiji članovi ne žive kontinualno u selu i ne bave se poljoprivredom, odnosno kuću koriste kao letnjikovac, a snabdevanje vodom je iz rezervoara. Kako je angažovana mehanizacija za pronalaženje vodenih tokova, analizirani su uzorci koji su uzeti u samom procesu iskopavanja, kao i pre početka radova.

2. Materijal i metode

Na slici 1, prikazana je lokacija sela na geografskoj mapi. Manji deo sela je na ravnom platou, dok je veći deo na blagoj strmini brda. Okolinu sela čine brda pod šumom, a takođe ima dosta i ravnice. Samo selo je podeljeno na dva dela Poganovskom rekom.

Predmet ispitivanja su uzorci zemljišta, mulja, vode, mahovina i lišaja, ukupno 8 uzoraka koji su uzeti u selu Poganovo na lokaciji privatnog domaćinstva. Geografske koordinate lokacije uzorkovanja su: N 42°58'34" i E 22°39'28". Na slici 2, prikazan je deo procesa uzorkovanja, koje je obavljeno 2020. godine, i koji se sastoji od raščišćavanja terena (otklanjanje šiblja, košenje trave), postavljanja mašine za bušenje sa adekvatnim svrdlom, bušenja i ispuštanja vode. Dubina bušenja bila je do 13,5 m, gde je i pronađen prvi vodeni tok. Analiza uzoraka je obuhvatila: spektrometriju gama emitera svih uzoraka, merenje ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti uzoraka vode, kao i određivanje sadržaja ^{90}Sr u uzorcima mulja i mešavini mulja i gline.

Uzorci zemljišta i mulja se suše na 105 °C, prosejavaju i odmeravaju u odgovarajuću geometriju merenja za gamaspektrometrijsku analizu, dok se za analizu sadržaja ^{90}Sr dodatno mineralizuju na 500 °C. U slučaju uzoraka mahovina i lišaja, dati uzorci se direktno odmeravaju u marineli geometriju, bez posebne pripreme. Priprema uzoraka vode obuhvata uparavanje određene količine vode do suvog ostatka i mineralizaciju na 450 °C. Radi uspostavljanja radioaktivne ravnoteže svi pripremljeni uzorci se zatapaju pčelinjim voskom i čuvaju 30 dana, pre merenja [2].

Spektrometrija gama emitera urađena je na poluprovodničkim germanijumskim detektorima visoke čistoće (HPGe) relativnih efikasnosti 18 % i 50 %, firme CANBERRA. Rezulucija detektora je 1,8 keV na energiji od 1332 keV. Kalibracija detektora za merenje uzoraka zemljišta i mulja, urađena je sertifikovanim radioaktivnim standardom, matriksa silikonske smole, Czech Metrology Institute, Praha, 1035-SE-40845-17, ukupne aktivnosti 80,63 kBq na dan 22.12.2017. godine (^{241}Am , ^{109}Cd , ^{139}Ce , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{210}Pb , ^{85}Sr , ^{88}Y , ^{51}Cr , ^{113}Sn). Kod ispitivanja uzoraka mahovina, lišaja i vode za kalibraciju detektora korišćeni su referentni radioaktivni materijali u geometriji marineli posude i plastične kutije od 125 cm³, koji su dobijeni od sertifikovanog radioaktivnog rastvora, Czech Metrology Institute, Praha, 1035-SE-40844-17, type ERX, ukupne aktivnosti 79,89 kBq na dan 22.12.2017. godine (^{241}Am , ^{109}Cd , ^{139}Ce , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{210}Pb , ^{85}Sr , ^{88}Y , ^{51}Cr).

Ukupna alfa i ukupna beta aktivnost uzorka vode, urađena je na niskofonskom proporcionalnom α/β brojaču Thermo Eberline ESM, efikasnosti 26 % za alfa emitere i 35 % za beta emitere [3]. Kalibracija detektora za merenje alfa i beta aktivnosti, urađena je korišćenjem standardnih kalibracionih izvora ^{241}Am (EM445, Czech Metrology Institute, Praha) sa aktivnošću 224,0 Bq na dan 01.08.2011. godine i ^{90}Sr (EM145, Czech Metrology Institute, Praha) sa aktivnošću 189,4 Bq na dan 01.08.2011. godine.

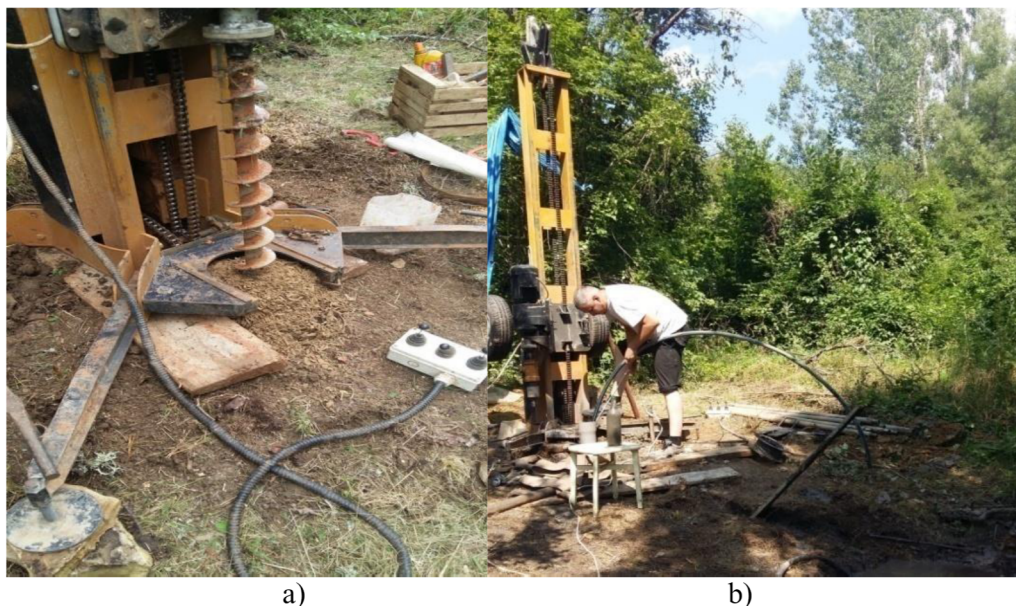
Radiohemijska analitička metoda određivanja ^{90}Sr , zasniva se na oksalatnom izdvajanju Ca i Sr, žarenju do oksida i korišćenju aluminijum-hidroksida kao nosača za ^{90}Y . Ravnoteža između ^{90}Sr i ^{90}Y se uspostavlja za 18 dana, nakon čega se ^{90}Y izdvaja na

nosaču aluminijum-hidroksida, koji se zatim žari do oksida i meri na niskofonskom proporcionalnom α/β brojaču [4].

Svi rezultati merenja dati su sa mernom nesigurnošću koja je izražena kao proširena merna nesigurnost za faktor $k=2$, koji za normalnu raspodelu odgovara nivou poverenja od 95 %.



Slika 1. Mapa regiona.



Slika 2. Uzorkovanje vode u selu Poganovo, prilikom bušenja bunara i pronalaženja vode: a) bušenje, b) ispumpavanje vode.

3. Rezultati merenja i diskusija

U tabeli 1, dati su rezultati merenja u okviru svih analiza. Proizvedeni radionuklid ^{137}Cs čije je prisustvo posledica nuklearnog akcidenta u Černobilju, detektovan je samo u uzorku zemljišta na dubini 0–10 cm i u uzorku mahovine, dok je u ostalim uzorcima ispod granice detekcije. Dobijene vrednosti koncentracije ovog radionuklida su niske, što ukazuje da je kontaminacija ovim radionuklidom na ispitivanoj lokaciji zanemarljiva. Lišaj kao i mahovina, spadaju u grupu bioindikatora za zagađenje životne sredine, ^{137}Cs , jer dobro apsorbuju i koncentrišu ovaj radionuklid u svom telu. Međutim u uzorku lišaja koji je uzet sa drveta na lokaciji, nije detektovano prisustvo ^{137}Cs , odnosno ovaj radionuklid je samo detektovan u uzorku mahovina sa niskim vrednostima koncentracije.

Takođe, i drugi proizvedeni radionuklid ^{90}Sr , nije detektovan u uzorku mulja i mešavini mulja i gline, odnosno njegova vrednost koncentracije je ispod granice detekcije.

Na osnovu dobijenih rezultata merenja, možemo pretpostaviti da je nakon Černobiljskog akcidenta došlo do površinske kontaminacije ali da potom nije bilo migracije proizvedenih radionuklida u dublje slojeve zemljišta.

Vrednosti koncentracija prirodnih radionuklida, koje su detektovane u uzorcima zemljišta, mulja i vode su u intervalu od 11 Bq/kg do 34 Bq/kg za ^{226}Ra , od 31 Bq/kg do 44 Bq/kg za ^{232}Th , od 460 Bq/kg do 660 Bq/kg za ^{40}K , od 23 Bq/kg do 46 Bq/kg za ^{238}U i od 0,9 Bq/kg do 3,1 Bq/kg za ^{235}U . Dobijene vrednosti koncentracija prirodnih radionuklida, karakteristične su za ove vrste uzoraka i ne razlikuju se od drugih lokacija na našim prostorima [5, 6].

Rezultati merenja ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti u uzorku vode, karakteristične su za ovu vrstu uzorka i u skladu su sa Pravilnikom [7], tako da se analizirana voda može koristiti kao voda za piće.

Tabela 1. Specifične aktivnosti ispitivanih radionuklida i ukupna alfa i beta aktivnost u uzorcima mahovine, lišaja, zemljišta, mulja i vode [Bq/kg].

Vrsta uzorka / Radionuklid	Mahovina	Lišaj	Zemljište sa dubine 0–10 cm	Zemljište sa dubine 1,5 m	Mešavima mulja i gline sa dubine 12,5 m	Mulj sa dubine 13,5 m	Mulj iz vode koja je uzeta sa 13,5 m	Voda sa dubine 13,5 m
^{226}Ra	< 10	26±6	25±1	11±1	32±2	26±1	34±2	< 0,06
^{232}Th	< 10	< 20	31±2	31±4	36±3	31±2	40±3	< 0,01
^{40}K	160±30	130±40	520±30	460±40	500±30	470±30	660±40	0,26±0,06
^{238}U	< 40	< 90	23±4	37±9	46±5	33±4	30±10	< 0,1
^{235}U	< 2	< 5	0,9±0,1	2,1±0,5	2,8±0,2	2,4±0,2	3,1±0,3	< 0,007
^{210}Pb	440±40	260±40	33±4	22±7	28±4	26±4	37±19	< 0,1
^{137}Cs	6±2	< 5	2,1±0,3	< 0,3	< 0,07	< 0,06	< 0,2	< 0,002
^7Be	100±20	250±50	/	/	/	/	/	/
Ukupna alfa aktivnost	/	/	/	/	/	/	/	0,09±0,02
Ukupna beta aktivnost	/	/	/	/	/	/	/	0,26±0,04
^{90}Sr	/	/	/	/	< 0,5	< 0,5	/	/

4. Zaključak

Rezultati prvih ispitivanja radioaktivnosti zemljišta, mulja, vode, mahovina i lišaja na lokaciji privatnog domaćinstva u selu Poganovo, opština Dimitrovgrad, prikazani su u ovom radu. Izmerene vrednosti koncentracija detektovanih prirodnih radionuklida, ne razlikuju se u odnosu na druge lokacije na našim prostorima. U slučaju proizvedenih radionuklida, ^{137}Cs i ^{90}Sr , dobijene vrednosti koncentracija su ispod granice detekcije u uzorcima zemljišta, mulja i vode, dok su koncentracije ^{137}Cs u uzorcima mahovine i zemljišta koje je uzeto na dubini 0–10 cm, niske. Stoga se ova lokacija može iskoristi kao nulta tačka za monitoring radioaktivnosti okoline na našim prostorima.

Data istraživanja će se nastaviti, proširivanjem mesta uzorkovanja u okviru sela i u specijalnom rezervatu prirode Jerma.

5. Zahvalnica

Istraživanje je finansirano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije na osnovu Aneksa ugovora, čiji je evidencioni broj: 451-03-9/2021-14/200017.

6. Literatura

- [1] Popis stanovništva, domaćinstva i stanova u Republici Srbiji 2011, Prvi rezultati, Republički zavod za statistiku, Republika Srbija, Beograd 2011, <http://media.popis2011.stat.rs/2011/prvi-rezultati.pdf>
- [2] Measurements of Radionuclides in Food and Environment, Method for Determining Gamma Emitters, IAEA Technical Reports Series No. 295, Vienna, 1989.
- [3] Prescribed Procedures for Measurement of Radioactivity in Drinking Water, Method 900.0, EPA-600/4-80-032, 1980.
- [4] R. Brnović, *Stroncijum 90 u životnoj sredini čoveka*. Magistarski rad, Beograd, 1972.
- [5] Elaborat: Izveštaj o realizaciji Sistematskom ispitivanju sadržaja radionuklida u zemljištu u Republici Srbiji za 2014.godinu, Agencija za zaštitu od jonizujućih zračenja i nuklearnu sigurnost Srbije, Beograd, 2014.
- [6] Elaborat: Izveštaj o realizaciji Sistematskom ispitivanju sadržaja radionuklida u zemljištu u Republici Srbiji za 2018.godinu, Direktorat za radijacionu i nuklearnu sigurnost i bezbednost Srbije, Beograd, 2018.
- [7] Pravilnik o granicama sadržaja radionuklida u vodi za piće, životnim namirnicama, stočnoj hrani, lekovima, predmetima opšte upotrebe, građevinskom materijalu i drugoj robi koja se stavlja u promet ("Službeni glasnik RS" br. 36 od 10.05.2018.godine)

**RADIOACTIVITY OF THE ENVIRONMENT IN THE PROCESS OF
EXCAVATION OF WELLS - VILLAGE POGANOVO**

**Dragana TODORVIĆ, Milica RAJAČIĆ, Jelena KRNETA NIKOLIĆ,
Marija JANKOVIĆ, Ivana VUKANAC, Gordana PANTELIC and Nataša SARAP**
*University of Belgrade, Institute of Nuclear Sciences "Vinča", National Institute of the
Republic of Serbia, Radiation and Environmental Protection Department, Belgrade,
Serbia, beba@vinca.rs, milica100@vinca.rs, jnikolic@vinca.rs, marijam@vinca.rs,
vukanac@vinca.rs, pantelic@vinca.rs, natasas@vinca.rs*

ABSTRACT

The results of radioactivity measurements in the soil, sludge and water samples in the process of finding water and digging wells to a maximum depth of 13.5 m, in the village of Poganovo, in the municipality of Dimitrovgrad, are presented in this paper. Sludge and soil samples were analyzed by gamma-ray spectrometry and ^{90}Sr measurements. In the case of water samples, gross alpha and gross beta activity, as well as content of radionuclides gamma emitter were determined.

In addition, samples of mosses and lichens from the same location were also measured. Presence of the artificial radionuclides ^{90}Sr and ^{137}Cs were not detected in measured samples, with an exception of the sample of moss and soil from a depth of 0-10 cm, where ^{137}Cs was detected in very low concentrations for this type of samples. In the case of natural radionuclides, the obtained values of concentrations are characteristic of these types of samples and do not differ from other locations in our area. All measurement results indicate that this location can be used as a zero point for monitoring radioactivity in our area.